

WEAR RESISTANT CU ALLOY HAVING HIGH STRENGTH AND HIGH TOUGHNESS

Publication number: JP64000238

Publication date: 1989-01-05

Inventor: AKUTSU HIDETOSHI

Applicant: MITSUBISHI METAL CORP

Classification:

- **international:** C22C9/04; C22C9/04; (IPC1-7):
C22C9/04

- **European:**

Application number: JP19870210671 19870825

Priority number(s): JP19870210671 19870825;
JP19870040659 19870224

[Report a data error here](#)

Abstract of JP64000238

PURPOSE: To develop a Cu alloy having excellent strength, toughness and wear resistance by adding specific elements to Cu and dispersing and incorporating fine grained intermetallic compounds into the structure of the Cu alloy.

CONSTITUTION: 17-40%, by weight, Zn 2-11% Al, 0.005-0.5% Si, one or more kinds among 0.1-3.5% Ti, Zn and V and one or more kinds among 0.003-0.3% P, Mg and Ca are added and incorporated into Cu, or 0.1-4.0% Mn, 0.05-2.5% Sn and 0.05-1.5% Pb are furthermore independently or Mn and Sn, Mn and Pb, Sn and Pb, or Mn, Sn and Pb are compositely added thereto. Said Cu alloy has the structure in which the fine grains of the intermetallic compounds having 3-50μm average grain size are dispersed into the alloy matrix thereof at 1-20% areal ratio. The alloy has high strength, high toughness and excellent wear resistance and has high friction coefficient.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑫ 公開特許公報 (A) 昭64-238

⑬ Int.Cl.⁴

C 22 C 9/04

識別記号

府内整理番号

6735-4K

⑭ 公開 昭和64年(1989)1月5日

審査請求 未請求 発明の数 8 (全7頁)

⑮ 発明の名称 高強度および高韌性を有する耐摩耗性Cu合金

⑯ 特願 昭62-210671

⑰ 出願 昭62(1987)8月25日

優先権主張 ⑧昭62(1987)2月24日 ⑨日本(JP)⑩特願 昭62-40659

⑪ 発明者 阿久津英俊 埼玉県桶川市上日出谷1230 三菱金属株式会社桶川第一製作所内

⑫ 出願人 三菱金属株式会社 東京都千代田区大手町1丁目5番2号

⑬ 代理人 弁理士 富田和夫 外1名

明細書

Si : 0.005 ~ 0.5 %

1. 発明の名称

高強度および高韌性を有する耐摩耗性

Cu合金

Ti, Zr, およびVのうちの1種または2種
以上 : 0.1 ~ 3.5 %,P, Mg, およびCaのうちの1種または2種
以上 : 0.003 ~ 0.3 %,
を含有し、さらに、

Mn : 0.1 ~ 4 %,

を含有し、残りがCuと不可避不純物からなる組成(以上重量%)、並びに素地中に平均粒径:
3~50μmの金属間化合物が面積比で1~20%分散した組織を有することを特徴とする高強度および高韌性を有する耐摩耗性Cu合金。(1) Zn : 17~40%、Al : 2~11%、
Si : 0.005 ~ 0.5 %、
Ti, Zr, およびVのうちの1種または2種
以上 : 0.1 ~ 3.5 %、
P, Mg, およびCaのうちの1種または2種
以上 : 0.003 ~ 0.3 %、
を含有し、残りがCuと不可避不純物からなる組成(以上重量%)、並びに素地中に平均粒径:
3~50μmの金属間化合物が面積比で1~20%分散した組織を有することを特徴とする高強度および高韌性を有する耐摩耗性Cu合金。(2) Zn : 17~40%、Al : 2~11%、
Si : 0.005 ~ 0.5 %、
Ti, Zr, およびVのうちの1種または2種
以上 : 0.1 ~ 3.5 %、
P, Mg, およびCaのうちの1種または2種
以上 : 0.003 ~ 0.3 %、
を含有し、さらに、
Sn : 0.05~2.5 %、

を含有し、残りが Cu と不可避不純物からなる組成（以上重量%）、並びに素地中に平均粒径：3～50 μm の金属間化合物が面積比で 1～20% 分散した組織を有することを特徴とする高強度および高韌性を有する耐摩耗性 Cu 合金。

(4) Zn : 17～40%、Al : 2～11%、

Si : 0.005～0.5%、

Ti, Zr, および V のうちの 1 種または 2 種以上 : 0.1～3.5%、

P, Mg, および Ca のうちの 1 種または 2 種以上 : 0.003～0.3%、

を含有し、さらに、

Pb : 0.05～1.5%、

を含有し、残りが Cu と不可避不純物からなる組成（以上重量%）、並びに素地中に平均粒径：3～50 μm の金属間化合物が面積比で 1～20% 分散した組織を有することを特徴とする高強度および高韌性を有する耐摩耗性 Cu 合金。

(5) Zn : 17～40%、Al : 2～11%、

Si : 0.005～0.5%、

成（以上重量%）、並びに素地中に平均粒径：3～50 μm の金属間化合物が面積比で 1～20% 分散した組織を有することを特徴とする高強度および高韌性を有する耐摩耗性 Cu 合金。

(7) Zn : 17～40%、Al : 2～11%、

Si : 0.005～0.5%、

Ti, Zr, および V のうちの 1 種または 2 種以上 : 0.1～3.5%、

P, Mg, および Ca のうちの 1 種または 2 種以上 : 0.003～0.3%、

を含有し、さらに、

Sn : 0.05～2.5%、Pb : 0.05～1.5%、

を含有し、残りが Cu と不可避不純物からなる組成（以上重量%）、並びに素地中に平均粒径：3～50 μm の金属間化合物が面積比で 1～20% 分散した組織を有することを特徴とする高強度および高韌性を有する耐摩耗性 Cu 合金。

(8) Zn : 17～40%、Al : 2～11%、

Si : 0.005～0.5%、

Ti, Zr, および V のうちの 1 種または 2 種

以上 : 0.1～3.5%、

P, Mg, および Ca のうちの 1 種または 2 種以上 : 0.003～0.3%、

を含有し、さらに、

Mn : 0.1～4%、Sn : 0.05～2.5%、

を含有し、残りが Cu と不可避不純物からなる組成（以上重量%）、並びに素地中に平均粒径：3～50 μm の金属間化合物が面積比で 1～20% 分散した組織を有することを特徴とする高強度および高韌性を有する耐摩耗性 Cu 合金。

(8) Zn : 17～40%、Al : 2～11%、

Si : 0.005～0.5%、

Ti, Zr, および V のうちの 1 種または 2 種以上 : 0.1～3.5%、

P, Mg, および Ca のうちの 1 種または 2 種以上 : 0.003～0.3%、

を含有し、さらに、

Mn : 0.1～4%、Pb : 0.05～1.5%、

を含有し、残りが Cu と不可避不純物からなる組

成（以上重量%）、並びに素地中に平均粒径：

3～50 μm の金属間化合物が面積比で 1～20% 分散した組織を有することを特徴とする高強度および高韌性を有する耐摩耗性 Cu 合金。

(7) Zn : 17～40%、Al : 2～11%、

Sn : 0.05～2.5%、Pb : 0.05～1.5%、

を含有し、残りが Cu と不可避不純物からなる組成（以上重量%）、並びに素地中に平均粒径：3～50 μm の金属間化合物が面積比で 1～20% 分散した組織を有することを特徴とする高強度および高韌性を有する耐摩耗性 Cu 合金。

3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

この発明は、高強度と高韌性を有し、さらに耐摩耗性にすぐれ、さらに摩擦係数で評価される相手部材に対する同期特性にもすぐれ、したがってこれらの特性が要求される自動車のトランスミッション構造部材や変速機のシンクロナイザリングなどの製造に用いるのに適した Cu 合金に関する

ものである。

[従来の技術]

従来、一般に、上記の自動車のトランスミッション構造部材や変速機のシンクロナイザリングなどの製造には、強度および韌性、耐摩耗性、さらに高い摩擦係数が要求されることから、これらの特性を具備したアルミニウム青銅や高力黄銅などのCu合金が用いられている。

[発明が解決しようとする問題点]

しかし、近年、上記各種機器の小型化および軽量化、並びに高出力化に伴い、これらを構成する部材はより一段とすぐれた強度、韌性、および耐摩耗性、さらに高い摩擦係数を具備することが要求されるようになっているが、上記のアルミニウム青銅や高力黄銅などの従来Cu合金では、これらの要求を十分満足させることができないのが現状である。

[問題点を解決するための手段]

そこで、本発明者等は、上述のような観点から、上記各種機器の小型化および軽量化、さらに高出

力化に対応できる構造部材用材料を開発すべく研究を行なった結果、重量%で（以下、組成に関する%は重量%を示す）、

Zn : 17~40%、 Al : 2~11%、

Si : 0.005~0.5%、

Ti, Zr, およびVのうちの1種または2種以上 : 0.1~3.5%、

P, Mg, およびCaのうちの1種または2種以上 : 0.003~0.3%、

を含有し、さらに必要に応じて、

Mn : 0.1~4%、 Sn : 0.05~2.5%、

Pb : 0.05~1.5%、

のうちの1種または2種以上を含有し、残りがCuと不可避不純物からなる組成、並びに素地中に平均粒径 : 3~50 μ mの金属間化合物が面積比で1~20%分散した組織を有するCu合金は、高強度および高韌性、さらにすぐれた耐摩耗性を有し、かつ摩擦係数も高く、したがってこのCu合金をトランスミッション構造部材やシンクロナイザリングなどの製造に用いた場合に、これら部材

で構成される各種機器の小型化および軽量化が可能となり、かつ高性能化をはかることができるようになるという知見を得たのである。

この発明は、上記知見にもとづいてなされたものであって、以下に成分組成および組織を上記の通りに限定した理由を説明する。

A. 成分組成

(a) Zn およびAl

これらの成分には、共存した状態で合金の強度および韌性を向上させる作用があるが、その含有量がそれぞれZn : 17%未満およびAl : 2%未満では所望の高強度および高韌性を確保することができず、一方その含有量がZn : 40%およびAl : 11%を越えててもより一層の向上効果は現われないことから、その含有量をそれぞれZn : 17~40%およびAl : 2~11%と定めた。

(b) Si

Si成分には、合金素地を強化し、もって耐摩耗性を向上させる作用があるが、その含有量が0.005%未満では所望の耐摩耗性向上効果が得ら

れず、一方その含有量が0.5%を越えると、韌性が低下し、被削性が劣化するようになることから、その含有量を0.005~0.5%と定めた。

(c) Ti, Zr, およびV

これらの成分には、CuおよびAlなどと結合して素地中に均一に分散する粒状の金属間化合物を形成し、もって相手部材に対する同期特性の評価となる摩擦係数を高めるほか、耐摩耗性を向上させる作用があるが、その含有量が0.1%未満では前記作用に所望の効果が得られず、一方その含有量が3.5%を越えると、合金の韌性が低下するようになることから、その含有量を0.1~3.5%と定めた。

(d) P, Mg, およびCa

これらの成分には、素地中に分散する金属間化合物を粒状化および微細化して、合金の強度および韌性を改善するほか、被削性を向上させる作用があるが、その含有量が0.003%未満では前記作用に所望の効果が得られず、一方その含有量が0.3%を越えると、金属間化合物が平均粒径で

$3 \mu\text{m}$ 未満に微細化しそぎてしまい、耐摩耗性および韌性の低下を招くようになることから、その含有量を $0.003 \sim 0.3\%$ と定めた。

(e) Mn

Mn成分には、合金の強度を一段と向上させ、かつ熱履歴に対して合金組織を安定化する作用があるので、必要に応じて含有させるが、その含有量が 0.1% 未満では前記作用に所望の向上効果が得られず、一方その含有量が 4% を越えると、溶製時に酸化物スラグの量が増えるようになって、鉄塊の健全性が損なわれるようになることから、その含有量を $0.1 \sim 4\%$ と定めた。

(f) Sn

Sn成分には、合金の素地を強化するほか、金属間化合物の偏析を防止する作用があるので、必要に応じて含有させるが、その含有量が 0.05% 未満では、前記作用に所望の効果が得られず、一方その含有量が 2.5% を越えると、韌性が低下し、塑性加工性が損なわれるようになることから、その含有量を $0.05 \sim 2.5\%$ と定めた。

(g) Pb

Pb成分には、高負荷摩擦条件下における耐焼付性を向上させ、かつ被削性を改善する作用があるので、必要に応じて含有させるが、その含有量が 0.05% 未満では前記作用に所望の効果が得られず、一方、その含有量が 1.5% を越えると、強度および韌性が低下するようになることから、その含有量を $0.05 \sim 1.5\%$ と定めた。

B. 組織

金属間化合物の平均粒径が $3 \mu\text{m}$ 未満でも、またその分散割合が面積比で 1% 未満でも、所望の高い摩擦係数およびすぐれた耐摩耗性を確保することができず、一方その平均粒径が $50 \mu\text{m}$ を越えたり、さらにその分散割合が面積比で 20% を越えたりすると、合金の韌性が低下するようになることから、金属間化合物の平均粒径を $3 \sim 50 \mu\text{m}$ 、同分散割合を面積比で $1 \sim 20\%$ と定めた。

〔実施例〕

つぎに、この発明のCu合金を実施例により具体的に説明する。

通常の高周波炉を用い、ArガスとCOガスの雰囲気中、それぞれ第1表に示される成分組成をもった溶湯を調製し、これらの溶湯をそれぞれ水冷鋳型に、金属間化合物の平均粒径および分散割合を制御する目的で、これの内部を流れる冷却水の水量を調整しながら鋳造し、直徑： $200 \text{ mm} \times$ 長さ： 400 mm のピレットとし、このピレットに $600 \sim 750^\circ\text{C}$ の範囲内の所定温度で熱間押出し加工を施して、所定径の丸棒試験片とし、ついでこの丸棒試験片に $550 \sim 700^\circ\text{C}$ の範囲内の所定温度に1時間保持後空冷の熱処理を施すことによって本発明Cu合金1～8および比較Cu合金1～8をそれぞれ製造した。

なお、比較Cu合金1～8は、いずれも構成成分のうちのいずれかの成分含有量（第1表に＊印を付したもの）、あるいは金属間化合物の平均粒径および面積比のうちのいずれか（同じく第1表に＊印を付したもの）がこの発明の範囲から外れたものである。

つぎに、この結果得られた本発明Cu合金1～

種別	成 分 組 成 (重量 %)												金属間化合物			
	Zn	Al	Si	Ti	Zr	V	P	Mg	Ca	Mn	Sn	Pb	Cu + 不純物	平均粒径 (μm)	面積比 (%)	
本発明Cu合金	1	17.4	4.5	0.20	1.63	—	—	0.10	—	—	—	—	—	残	7.5	5.0
	2	30.2	4.5	0.20	1.64	—	—	0.12	—	—	—	—	—	残	14.0	13.0
	3	39.6	4.7	0.21	1.70	—	—	0.11	—	—	—	—	—	残	13.5	12.5
	4	28.6	2.1	0.19	1.68	—	—	0.11	—	—	—	—	—	残	8.0	6.0
	5	29.1	10.8	0.21	1.60	—	—	0.10	—	—	—	—	—	残	24.5	16.0
	6	31.0	4.5	0.0052	1.84	—	—	0.09	—	—	—	—	—	残	12.5	13.5
	7	30.2	4.6	0.49	1.62	—	—	0.10	—	—	—	—	—	残	12.0	12.0
	8	30.4	4.5	0.20	0.13	—	—	0.10	—	—	—	—	—	残	4.5	1.5
	9	30.3	4.6	0.21	3.48	—	—	0.11	—	—	—	—	—	残	49.5	20.0
	10	30.1	4.4	0.19	—	0.15	—	0.10	—	—	—	—	—	残	5.0	2.0
	11	30.4	4.4	0.18	—	2.54	—	0.10	—	—	—	—	—	残	28.0	17.5
	12	28.7	4.9	0.21	—	—	0.83	0.11	—	—	—	—	—	残	10.5	9.0
	13	29.5	4.6	0.20	—	—	3.12	0.12	—	—	—	—	—	残	24.5	18.5
	14	29.8	4.8	0.22	0.63	0.98	—	0.10	—	—	—	—	—	残	11.0	11.5
	15	30.4	5.1	0.20	0.52	0.51	0.48	0.11	—	—	—	—	—	残	11.5	12.0

第 1 表 の 1

種別	成 分 組 成 (重量 %)												金属間化合物			
	Zn	Al	Si	Ti	Zr	V	P	Mg	Ca	Mn	Sn	Pb	Cu + 不純物	平均粒径 (μm)	面積比 (%)	
本発明Cu合金	16	28.6	4.5	0.19	1.60	—	—	0.0033	—	—	—	—	—	残	12.5	12.5
	17	29.1	4.8	0.19	1.63	—	—	0.29	—	—	—	—	—	残	12.0	12.0
	18	29.6	4.3	0.18	1.69	—	—	—	0.13	—	—	—	—	残	12.0	12.0
	19	29.0	4.5	0.21	1.70	—	—	—	—	0.01	—	—	—	残	11.8	11.6
	20	28.7	4.7	0.20	1.66	—	—	—	—	0.12	—	—	—	残	12.1	12.1
	21	29.4	4.6	0.18	1.61	—	—	0.05	0.04	—	—	—	—	残	12.0	12.5
	22	29.3	4.8	0.17	1.59	—	—	0.01	0.008	0.003	—	—	—	残	12.2	11.8
	23	30.2	4.8	0.22	1.70	—	—	0.11	—	—	0.11	—	—	残	12.5	12.5
	24	30.1	4.8	0.21	1.65	—	—	0.10	—	—	2.5	—	—	残	13.0	12.0
	25	30.8	4.5	0.22	1.64	—	—	0.10	—	—	—	0.054	—	残	12.0	11.5
	26	29.1	4.9	0.18	1.60	—	—	0.11	—	—	—	2.43	—	残	12.5	12.0
	27	28.4	4.6	0.20	1.61	—	—	0.10	—	—	—	—	0.052	残	13.0	11.5
	28	28.6	4.6	0.21	1.60	—	—	0.10	—	—	—	—	1.03	残	13.5	11.5
	29	28.9	4.4	0.22	1.64	—	—	0.10	—	—	1.3	1.42	—	残	12.5	12.0
	30	30.2	4.5	0.19	1.68	—	—	0.10	—	—	—	0.83	0.91	残	11.5	12.0

第 1 表 の 2

種別	成 分 組 成 (重量 %)												金属間化合物		
	Zn	Al	Si	Ti	Zr	V	P	Mg	Ca	Mn	Sn	Pb	Cu + 不純物	平均粒径 (μm)	面積比 (%)
本発明Cu合金	31 30.3	4.5	0.19	1.66	—	—	0.12	—	—	3.8	—	0.04	残	13.5	12.5
	32 29.8	4.3	0.16	—	0.86	—	—	0.01	0.02	2.5	1.3	0.25	残	10.2	9.8
	33 30.4	4.4	0.21	—	—	2.33	—	0.16	—	0.3	0.90	0.42	残	16.5	16.5
	34 31.5	4.2	0.19	—	0.25	2.13	0.10	—	0.08	1.4	0.6	0.31	残	13.5	12.8
	35 30.1	4.5	0.21	0.11	0.04	0.02	0.006	0.009	—	0.13	0.09	0.06	残	6.5	6.5
	36 29.6	4.8	0.12	1.56	0.14	1.03	0.08	0.04	0.05	1.4	0.7	0.38	残	11.4	12.3
比較Cu合金	1 15.3*	4.4	0.21	1.59	—	—	0.10	—	—	—	—	—	残	11.5	12.0
	2 80.1	1.1*	0.20	1.58	—	—	0.11	—	—	—	—	—	残	5.5	5.0
	3 29.9	4.5	—*	1.61	—	—	0.12	—	—	—	—	—	残	10.0	9.0
	4 30.2	4.5	0.62*	1.62	—	—	0.09	—	—	—	—	—	残	12.5	11.5
	5 30.0	4.5	0.21	—*	—*	—*	—	0.11	—	—	—	—	残	5.0	0.5*
	6 29.4	4.6	0.21	1.58	—	—	—*	—*	—	—	—	—	残	14.5	12.5
	7 29.7	4.5	0.20	1.63	—	—	—	0.39*	—	—	—	—	残	12.0	9.5
	8 30.1	4.5	0.20	1.62	—	—	0.11	—	—	—	—	—	残	1.5*	15.0

(*印:本発明範囲外)

第 1 表 の 3

種別	引張強さ ($\text{kg}/\text{㎟}$)	伸び (%)	シャルビー衝撃値 ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$)	摩擦量		摩擦系数 ($1 \times 10^{-7} \text{kg} / \text{kg} \cdot \text{m}$)
				摩擦量	摩擦系数	
本発明	1 71	20.5	2.6	28	0.095	
	2 85	18.5	2.3	24	0.100	
	3 92	16.5	2.1	19	0.110	
	4 74	18.5	2.2	26	0.095	
	5 96	11.0	1.1	20	0.115	
	6 84	19.0	2.3	28	0.100	
	7 86	16.0	1.4	19	0.105	
	8 84	17.5	2.3	36	0.080	
	9 79	13.0	1.6	14	0.125	
	10 83	17.0	2.2	35	0.085	
	11 82	17.5	2.2	18	0.120	
	12 84	18.0	2.3	21	0.110	
Cu 合金	13 78	12.5	1.8	13	0.125	
	14 84	18.0	2.2	25	0.105	
	15 85	18.0	2.3	24	0.105	
	16 81	16.5	2.1	23	0.100	
	17 88	17.5	2.2	24	0.105	
	18 84	18.0	2.3	28	0.100	
	19 79	16.5	2.2	22	0.105	
	20 81	16.0	2.1	23	0.100	
	21 84	18.5	2.2	25	0.105	
	22 82	17.0	2.2	24	0.100	

第 2 表 の 1

種別	引張強さ (kg/cm ²)	伸び (%)	シャルピー衝撃値 (kg-mm/cm ²)	比摩耗量 ($1 \times 10^{-7} \text{ kg/m}^2/\text{m}$)	摩擦係数	
					摩擦係数	摩擦係数
本発明	23	87	18.0	2.2	23	0.100
	24	90	17.5	2.1	22	0.110
	25	86	17.5	2.0	23	0.105
	26	84	15.5	1.8	20	0.105
C u 合金	27	81	16.0	1.9	22	0.110
	28	75	14.0	1.6	16	0.120
	29	86	15.0	1.8	18	0.105
	30	72	13.0	1.4	16	0.125
C u 合金	31	89	17.5	2.2	17	0.120
	32	78	18.5	2.3	21	0.115
	33	86	14.5	1.9	16	0.120
	34	82	16.5	2.0	19	0.110
C u 合金	35	82	18.0	2.1	21	0.110
	36	79	17.0	2.0	20	0.115
	1	62	10.5	1.6	32	0.085
	2	61	9.0	1.4	36	0.090
C u 合金	3	79	18.5	2.1	42	0.080
	4	76	6.5	0.9	10	0.115
	5	82	18.5	2.4	52	0.080
	6	83	14.5	1.9	42	0.075
C u 合金	7	69	7.5	1.8	36	0.085
	8	86	20.5	2.4	54	0.060

36および比較 Cu 合金 1~8について、強度を評価する目的で引張強さ、韌性を評価する目的でシャルピー衝撃性と伸びを測定し、さらに耐摩耗性と、部材に対する同期特性を評価する目的で、

試料：直径 3 mm のピン材、

相手材：J I S · S C M 420 の浸炭焼入鋼
(硬さ : H_R C 61.5)、

オイル：ギヤオイル 90番、

油温：60°C、

摩擦速度：2 m/sec、

圧力：100 kg/cm²、

滑り距離：1.5 km、

の条件でピン摩耗試験を行ない、比摩耗量を測定すると共に、トルクメータから摩擦係数を算出した。これらの結果を第2表に示した。

なお、第1表における金属間化合物の平均粒径および面積比は顕微鏡観察により測定したものである。

[発明の効果]

第1表および第2表に示される結果から、本発

明 Cu 合金 1~36は、いずれも高強度および高韌性を有し、さらにすぐれた耐摩耗性と高い摩擦係数を有するのに対して、比較 Cu 合金 1~8に見られるように、構成成分のうちのいずれかの成分含有量がこの発明の範囲から外れても、さらに金属間化合物の平均粒径および面積比のうちのいずれかでもこの発明の範囲から外れると、上記の特性のうちの少なくともいずれかの特性が劣ったものになることが明らかである。

上述のように、この発明の Cu 合金は、高強度および高韌性を有し、さらにすぐれた耐摩耗性と高い摩擦係数を有するので、特にこれらの特性が要求される自動車のトランスミッション構造部材や変速機のシンクロナイザリングなどの製造に用いた場合に、これら機器の小型化、軽量化、および高出力化を可能とするなど工業上有用な特性を有するのである。

出願人：三菱金属株式会社

代理人：富田和夫